

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

13.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 1月20日
Date of Application:

出願番号 特願2004-012099
Application Number:

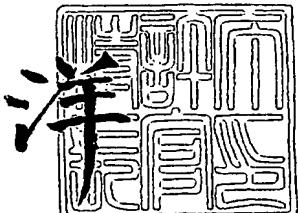
[ST. 10/C]: [JP2004-012099]

出願人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s):

2005年 1月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 1032184
【提出日】 平成16年 1月20日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B60L 11/08
 H02M 7/48

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 山田 堅滋

【特許出願人】
【識別番号】 000003207
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地
【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】
【識別番号】 100064746
【弁理士】
【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】
【識別番号】 100085132
【弁理士】
【氏名又は名称】 森田 俊雄

【選任した代理人】
【識別番号】 100112715
【弁理士】
【氏名又は名称】 松山 隆夫

【選任した代理人】
【識別番号】 100112852
【弁理士】
【氏名又は名称】 武藤 正

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 008268
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0209333

【書類名】特許請求の範囲**【請求項1】**

モータを駆動制御する電源装置であって、
直流電源と、
前記直流電源からの第1の直流電圧を電圧指令値に従って第2の直流電圧に変換して、
第1および第2の電源線間に output するコンバータと、

前記第1および第2の電源線間に接続された充放電可能な電荷蓄積部と、
前記第1および第2の電源線間の前記第2の直流電圧を受けて、駆動力指令値に従って
前記モータを駆動制御する電力に変換するモータ駆動制御部と、

前記モータの力行動作時に、前記駆動指令値に対応する前記モータでの消費電力と前記
第2の直流電圧の変化に応じた前記電荷蓄積部での蓄積電力の変化量との和が、前記コン
バータの出力電力制限値よりも小さくなるように、前記駆動指令値を調整する制御装置と
を備える、電源装置。

【請求項2】

前記電圧指令値は、前記モータの回転数および要求される駆動力に応じて、前記駆動指
令値とは独立に決められる、請求項1に記載の電源装置。

【請求項3】

前記直流電源は充電可能であり、
前記モータ駆動制御部は、前記モータの回生動作時において、前記モータでの発電電力を
前記電圧指令値に従って前記第2の直流電圧に変換して前記第1および第2の電源線間に
output し、

前記コンバータは、前記モータの回生動作時において、前記第2の出力電圧を前記第1
の電圧に変換して前記直流電源を充電し、

前記制御装置は、前記モータの回生動作時において、前記モータでの発電電力および前
記第2の直流電圧の変化に応じた前記電荷蓄積部での蓄積電力の変化量と、前記コンバー
タへの入力電力制限値との関係に基づき、必要に応じて前記電圧指令値を調整する、請求
項1に記載の電源装置。

【請求項4】

前記モータの回生動作時において、前記電圧指令値は、前記モータの回転数および要求
される駆動力に応じて一次的に決められた後、前記制御装置によって必要に応じて調整さ
れる、請求項3に記載の電源装置。

【請求項5】

前記制御装置は、前記モータの回生動作時において、前記モータでの発電電力が前記前
記コンバータへの入力電力制限値を超えるときには、前記電圧指令値の降下を禁止する、
請求項3に記載の電源装置。

【請求項6】

前記制御装置は、前記モータの回生動作時において、前記モータでの発電電力が前記前
記コンバータへの入力電力制限値より小さいときには、前記電荷蓄積部での前記第2の直
流電圧の変化に応じた蓄積電力の変化量が、前記前記コンバータへの入力電力制限値およ
び前記モータでの発電電力と均衡するように、前記電圧指令値の降下量を制限する、請求
項3に記載の電源装置。

【請求項7】

前記制御装置は、前記蓄積電力の変化量を前記電圧指令値に基づいて算出する、請求項
1から6のいずれか1項に記載の電源装置。

【請求項8】

前記制御装置は、前記蓄積電力の変化量を前記第2の直流電圧の検出値に基づいて算出
する、請求項1から6のいずれか1項に記載の電源装置。

【請求項9】

請求項1から8のいずれか1項に記載の電源装置と、
前記電源装置によって駆動制御される前記モータとして設けられ、少なくとも1つの車

輪を駆動可能な交流電動機とを備え、

前記コンバータは、前記第2の電圧を前記第1の電圧よりも高くすることが可能な昇圧コンバータとして設けられ、

前記モータ駆動制御部は、前記第2の直流電圧と前記交流電動機を駆動制御する交流電圧との間の電力変換を行なうインバータを含む、自動車。

【書類名】明細書

【発明の名称】電源装置およびそれを搭載する自動車

【技術分野】

【0001】

この発明は、電源装置に関し、より特定的には、入力直流電圧のレベル変換を伴ってモータを駆動制御する電源装置およびそれを搭載する自動車に関する。

【背景技術】

【0002】

最近、環境に配慮した自動車として、電動機（モータ）を駆動装置に組込んだハイブリッド自動車（Hybrid Vehicle）および電気自動車（Electric Vehicle）が大きな注目を集めている。そして、ハイブリッド自動車は一部実用化されている。一部のタイプのハイブリッド自動車では、モータを高効率で駆動するために、モータを駆動制御する電源装置に入力された直流電圧のレベル変換機能を持たせて、モータ駆動のための印加電圧（以下、「モータ動作電圧」とも称する）をモータの動作状態（回転数・トルク等）に応じて調節可能とした構成が採用されている。特に、昇圧機能を持たせて、モータ動作電圧を入力直流電圧よりも高くすることにより、直流電圧源としてのバッテリの小型化および、高圧化に伴う電力損失低減によって、モータの高効率化が可能となる。

【0003】

たとえば、特開2003-244801号公報（特許文献1）には、二次電池で構成されたバッテリからの直流電圧を昇圧コンバータによって昇圧してモータ動作電圧を発生し、当該モータ動作電圧をインバータで交流電圧に変換して車輪駆動用の交流電動機（モータ）を駆動制御する構成が開示されている。この構成では、モータ状態に応じて昇圧コンバータでの昇圧比を設定することにより、モータを高効率運転させることが可能となる。

【特許文献1】特開2003-244801号公報

【特許文献2】特開2000-68573号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記の構成では、特許文献1にも示されるように、入力電圧のレベル変換を行なうコンバータの出力側に、モータ動作電圧を安定化するための平滑コンデンサを設ける必要がある。このため、モータの動作状態に応じてモータ動作電圧を変化させると、平滑コンデンサの保持電圧が変化し、その蓄積電力（ $P = C \cdot V^2 / 2$ ）も変化する。

【0005】

したがって、モータの力行動作時に、回転数およびトルクの上昇に応じてモータ動作電圧の上昇を指示すると、これに伴って平滑コンデンサの蓄積電力が増加する過程では、コンバータがモータでの使用電力のみならず平滑コンデンサでの蓄積電力増加分をも供給することになる。この結果、コンバータの出力電力が過大となるおそれがある。

【0006】

特に、入力電圧源であるバッテリの供給能力が、コンバータを構成するスイッチングデバイスの容量よりも大きく、コンバータを構成するスイッチング素子の容量（電流容量）によってコンバータからの出力電力が制限されている場合には、上記の現象によりスイッチング素子が破壊されてハード故障を招いてしまうおそれがある。

【0007】

逆に、モータが回生制動動作を行なって、モータからバッテリ側に電力を回生する場合においても、回転数およびトルクの下降に合わせてモータ動作電圧を降下させれば、モータからの回生電力のみならず平滑コンデンサでの蓄積電力減少分についてもコンバータへ回生されることになる。この結果、コンバータを構成するスイッチングデバイスの通過電流が大きくなり、同様の現象を招くおそれがある。

【0008】

この発明はこのような問題点を解決するためになされたものであって、この発明の目的

は、入力直流電圧をレベル変換してモータを駆動制御する電源装置において、当該レベル変換のためのコンバータに過大電流が流れないように制御可能な構成、およびそのような電源装置を備えた自動車を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明による電源装置は、モータを駆動制御する電源装置であって、直流電源と、コンバータと、電荷蓄積部と、モータ駆動制御部と、制御装置とを備える。コンバータは、直流電源からの第1の直流電圧を電圧指令値に従って第2の直流電圧に変換して、第1および第2の電源線間に output する。電荷蓄積部は、充放電可能であり、第1および第2の電源線間に接続される。モータ駆動制御部は、第1および第2の電源線間の第2の直流電圧を受けて、駆動力指令値に従ってモータを駆動制御する電力に変換する。制御装置は、モータの力行動作時に、駆動指令値に対応するモータでの消費電力と第2の直流電圧の変化に応じた電荷蓄積部での蓄積電力の変化量との和が、コンバータの出力電力制限値よりも小さくなるように、駆動指令値を調整する。

【0010】

好ましくは、電圧指令値は、モータの回転数および要求される駆動力に応じて、駆動指令値とは独立に決められる。

【0011】

また好ましくは、直流電源は充電可能であり、モータ駆動制御部は、モータの回生動作時において、モータでの発電電力を電圧指令値に従って第2の直流電圧に変換して第1および第2の電源線間に output し、コンバータは、モータの回生動作時において、第2の出力電圧を第1の電圧に変換して直流電源を充電し、制御装置は、モータの回生動作時において、モータでの発電電力および第2の直流電圧の変化に応じた電荷蓄積部での蓄積電力の変化量と、コンバータへの入力電力制限値との関係に基づき、必要に応じて電圧指令値を調整する。

【0012】

さらに好ましくは、モータの回生動作時において、電圧指令値は、モータの回転数および要求される駆動力に応じて一次的に決められた後、制御装置によって必要に応じて調整される。

【0013】

あるいは、さらに好ましくは、制御装置は、モータの回生動作時において、モータでの発電電力がコンバータへの入力電力制限値を超えるときには、電圧指令値の降下を禁止する。

【0014】

また、さらに好ましくは、制御装置は、モータの回生動作時において、モータでの発電電力がコンバータへの入力電力制限値より小さいときには、電荷蓄積部での第2の直流電圧の変化に応じた蓄積電力の変化量が、コンバータへの入力電力制限値およびモータでの発電電力と均衡するように、電圧指令値の降下量を制限する。

【0015】

好ましくは、制御装置は、蓄積電力の変化量を電圧指令値に基づいて算出する。あるいは好ましくは、制御装置は、蓄積電力の変化量を第2の直流電圧の検出値に基づいて算出する。

【0016】

この発明による自動車は、請求項1から8のいずれか1項に記載の電源装置と、電源装置によって駆動制御されるモータとして設けられ、少なくとも1つの車輪を駆動可能な交流電動機とを備える。コンバータは、第2の電圧を第1の電圧よりも高くすることが可能な昇圧コンバータとして設けられ、モータ駆動制御部は、第2の直流電圧と交流電動機を駆動制御する交流電圧との間の電力変換を行なうインバータを含む。

【発明の効果】

【0017】

この発明による電源装置では、モータの力行動作時に、電圧指令値に従った第2の直流電圧（モータ動作電圧）の変化に応じた電荷蓄積部の蓄積電力の変化を考慮に入れて、コンバータの出力電力が過大とならないように、必要に応じてモータでの消費電力を抑制するように駆動指令値が調整される。

【0018】

したがって、モータ駆動制御部（インバータ）への供給電圧（モータ動作電圧）をコンバータによって可変である構成において、コンバータでの過電流を防止して、素子保護を図ることができる。特に、第2の直流電圧（モータ動作電圧）の電圧指令値をモータの回転数および要求トルクに応じて決めることにより、モータ効率を高めることができる。

【0019】

さらに、モータの回生動作時においても、コンバータへの入力電力が過大とならないように、電荷蓄積部の蓄積電力の変化を考慮に入れた上で、第2の直流電圧（モータ動作電圧）の降圧を制限するように電圧指令値が必要に応じて調整される。したがって、コンバータでの過電流を防止して、素子保護を図ることができる。

特に、モータでの発電電力とコンバータへの入力電力制限値との比較に基づいて電圧指令値の降下量を制限することにより、コンバータへの入力電力制限値を超えない範囲で、モータの高効率化を図ることができる。

【0020】

なお、電荷蓄積部の蓄積電力の変化を電圧指令値に基づいて算出することにより、制御演算負荷を軽減できる。

【0021】

また、電荷蓄積部の蓄積電力の変化を第2の直流電圧の検出値に基づいて算出することにより、制御精度を向上できる。

【0022】

この発明による自動車は、昇圧可能なコンバータを配置して、車輪駆動用の交流電動機を駆動制御するインバータの入力電圧（第2の直流電圧）を可変として、当該交流電動機の高効率動作化を可能とする構成において、交流電動機の力行動作時に、電圧指令値に従った第2の直流電圧の変化に応じた電荷蓄積部の蓄積電力の変化を考慮に入れて、コンバータの出力電力が過大とならないように、必要に応じてモータでの消費電力を抑制するように駆動指令値を調整することができる。これにより、コンバータでの過電流を防止して、素子保護を図ることができる。

【0023】

また、交流電動機の回生動作時にも、交流電動機の回生電力を制限してブレーキ力を減ずることなく、コンバータでの過電流を防止して素子保護を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下において、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明を繰返さない。

【0025】

図1は、この発明に従う電源装置を備えた自動車の構成を説明するブロック図である。

【0026】

図1を参照して、本発明によるハイブリッド自動車100は、バッテリ10と、ECU (Electronic Control Unit) 15と、PCU (Power Control Unit) 20と、動力出力装置30と、デファレンシャルギヤ (Differential Gear) 40と、前輪50L, 50Rと、後輪60L, 60Rと、フロントシート70L, 70Rと、リアシート80とを備える。

【0027】

バッテリ10は、たとえばニッケル水素またはリチウムイオン等の二次電池からなり、直流電圧をPCU20へ供給するとともに、PCU20からの直流電圧によって充電される。バッテリ10は、たとえばリアシート80の後方部に配置されて、PCU20と電気

的に接続される。PCU20は、ハイブリッド自動車100内で必要となる電力変換器を総括的に示すものである。

【0028】

ECU15へは、運転状況・車両状況を示す各種センサからの各種センサ出力17が入力される。各種センサ出力17には、アクセルペダル35に配置された位置センサによって検出されるアクセル踏込み量や車輪速度センサ出力等が含まれる。ECU15は、入力されたこれらのセンサ出力に基づき、ハイブリッド自動車100に関する種々の制御を統合的に行なう。

【0029】

動力出力装置30は、車輪駆動力源として設けられる、エンジンおよびモータジェネレータMG1, MG2を含む。DG40は、動力出力装置30からの動力を前輪50L, 50Rに伝達するとともに、前輪50L, 50Rの回転力を動力出力装置30へ伝達する。

【0030】

これにより、動力出力装置30は、エンジンおよび/またはモータジェネレータMG1, MG2による動力を、DG40を介して前輪50L, 50Rに伝達して前輪50L, 50Rを駆動する。また、動力出力装置30は、前輪50L, 50RによるモータジェネレータMG1, MG2の回転力によって発電し、その発電した電力をPCU20へ供給する。すなわち、モータジェネレータMG1, MG2は、少なくとも1つの車輪を駆動可能な「交流電動機」としての役割を果たす。

【0031】

PCU20は、モータジェネレータMG1, MG2の力行動作時には、ECU15からの制御指示に従って、バッテリ10からの直流電圧を昇圧するとともに、その昇圧した直流電圧を交流電圧に変換して、動力出力装置30に含まれるモータジェネレータMG1, MG2を駆動制御する。

【0032】

また、PCU20は、モータジェネレータMG1, MG2の回生動作時には、ECU15からの制御指示に従って、モータジェネレータMG1, MG2が発電した交流電圧を直流電圧に変換してバッテリ10を充電する。

【0033】

このように、ハイブリッド自動車100では、バッテリ10と、PCU20と、ECU15のうちのPCU20を制御する部分とによって、モータジェネレータMG1, MG2を駆動制御する「電源装置」が構成される。

【0034】

次に、この発明による電源装置の構成について説明する。

【0035】

図2を参照して、この発明による電源装置の構成について説明する。

【0036】

図2を参照して、この発明による電源装置は、「直流電源」に相当するバッテリ10と、PCU20のうちのモータジェネレータMG1, MG2の駆動制御に関する部分（以下、当該部分についても単に「PCU20」と称する）と、ECU15のうちのPCU20を制御する部分（以下、「制御装置15」と称する）とを備える。

【0037】

PCU20は、コンバータ110と、平滑コンデンサ120と、モータジェネレータMG1, MG2にそれぞれ対応するモータ駆動制御器131, 132と、コンバータ/インバータ制御部140とを含む。この実施の形態では、交流モータであるモータジェネレータMG1, MG2が駆動制御されるので、モータ駆動制御器はインバータで構成される。したがって、以下では、モータ駆動制御器131, 132をインバータ131, 132と称する。

【0038】

制御装置15は、各種センサ出力17に基づき、エンジンとの出力配分等を考慮したモ

ータジェネレータMG1, MG2への要求トルク $T_{r\ q}$ を決定する。さらに、制御装置15は、モータジェネレータMG1, MG2の動作状態に応じて、最適なモータ動作電圧 $V_{m\#}$ を算出する。

【0039】

図3に示されるように、モータジェネレータMG1, MG2の高効率化のための最適モータ動作電圧 $V_{m\#}$ は、モータ回転数Nおよび要求トルク $T_{r\ q}$ に基づいて決定される。要求トルク $T_{r\ q}$ が同等である場合には、モータ回転数Nが高いほど最適モータ動作電圧 $V_{m\#}$ は上昇する。また、モータ回転数Nが同等であるときは、要求トルク $T_{r\ q}$ が大きいほど最適モータ動作電圧 $V_{m\#}$ は高くなる。

【0040】

制御装置15は、要求トルク $T_{r\ q}$ および最適モータ動作電圧 $V_{m\#}$ に基づき、後ほど詳細に説明するような電力バランス制御を行なって、モータ動作電圧 V_m の電圧指令値 $V_{m\ r}$ およびモータジェネレータMG1, MG2でのトルク指令値 $T_{r\ e\ f}$ を生成する。

【0041】

電圧指令値 $V_{m\ r}$ およびトルク指令値 $T_{r\ e\ f}$ は、コンバータ／インバータ制御部140へ与えられる。さらに、制御装置15は、モータジェネレータMG1, MG2が力動作および回生動作のいずれを行なっているかを示す識別信号SMTをコンバータ／インバータ制御部140へ与える。

【0042】

コンバータ／インバータ制御部140は、制御装置15からの電圧指令値 $V_{m\ r}$ に従って、コンバータ110の動作を制御するコンバータ制御信号Scnvを生成する。また、コンバータ／インバータ制御部140は、制御装置15からのトルク指令値 $T_{r\ e\ f}$ に従って、インバータ131, 132の動作をそれぞれ制御するインバータ制御信号Spwm1, Spwm2を生成する。

【0043】

次に、図4を用いて、図2に示したPCU20の具体的構成例およびその動作を説明する。

【0044】

図4を参照して、バッテリ10の正極および負極は、電源配線101および102とそれぞれ接続される。

【0045】

コンバータ110は、リアクトル115と、スイッチング素子Q1, Q2と、ダイオードD1, D2とを含む。

【0046】

スイッチング素子Q1およびQ2は、電源配線103および102の間に直列接続される。リアクトル115は、電源配線101とスイッチング素子Q1およびQ2の接続ノードNmとの間に接続される。各スイッチング素子Q1, Q2のコレクタ／エミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すように、逆並列ダイオードD1, D2がそれぞれ接続されている。

【0047】

スイッチング素子Q1およびQ2のゲートには、コンバータ制御信号Scnvに相当するゲート制御信号GS1およびGS2がそれぞれ与えられ、当該ゲート制御信号GS1およびGS2にそれぞれ応答して、スイッチング素子Q1およびQ2のオン・オフが制御される。この実施の形態におけるスイッチング素子としては、たとえばIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)が適用される。

【0048】

平滑コンデンサ120は、電源配線103および102の間に接続される。

【0049】

インバータ131は、電源配線103および102の間に並列に接続される、U相アーム151、V相アーム152およびW相アーム153を構成するスイッチング素子Q3～

Q8からなる三相インバータである。各スイッチング素子Q3～Q8のコレクタ／エミッタ間には、逆並列ダイオードD3～D8がそれぞれ接続されている。

【0050】

スイッチング素子Q3～Q8のゲートには、インバータ制御信号Spwm1に相当するゲート制御信号GS3～GS8がそれぞれ与えられ、スイッチング素子Q3～Q8は、図示しない駆動回路部分によって、ゲート制御信号GS3～GS8に応答してオン・オフされる。

【0051】

インバータ131の各相アームの中間点は、三相の永久磁石であるモータジェネレータMG1の各相コイルの各相端に接続されている。各相コイルの一端は、中間点に共通接続される。さらに、三相のうちの少なくとも二相において、電流センサ161, 162が設けられ、各相電流が検出可能である。

【0052】

インバータ132は、スイッチング素子Q3#～Q8#および逆並列ダイオードD3#～D8#から構成される、インバータ131と同様の三相インバータである。スイッチング素子Q3#～Q8#のゲートには、インバータ制御信号Spwm2に相当するゲート制御信号GS3#～GS8#がそれぞれ与えられ、スイッチング素子Q3#～Q8#は、図示しない駆動回路部分によって、ゲート制御信号GS3#～GS8#に応答してオン・オフされる。

【0053】

インバータ132の各相アームの中間点は、モータジェネレータMG2の各相コイルの各相端に接続される。モータジェネレータMG2の各相コイルの一端は、中間点に共通接続され、三相のうちの少なくとも二相において、電流センサ161#, 162#が設けられ、各相電流が検出可能である。

【0054】

なお、モータジェネレータMG1, MG2としては、相数（三相）および形式（永久磁石モータ）を限定することなく、任意の交流電動機を適用可能である。

【0055】

次に、モータジェネレータMG1, MG2の力行動作時における電源装置の動作を説明する。

【0056】

バッテリ10は、電源配線101および102の間に、「第1の直流電圧」に相当する入力電圧Vbを供給する。

【0057】

コンバータ110は、電源配線101および102の間にバッテリ10からの入力電圧Vbを受けて、スイッチング素子Q1, Q2のスイッチング制御によって、入力電圧Vbを昇圧して「第2の直流電圧」に相当するモータ動作電圧Vmを生成し、電源配線103および102の間に outputする。すなわち、電源配線103および102は、「第1の電源配線」および「第2の電源配線」をそれぞれ構成する。コンバータ110での昇圧比（Vm/Vb）は、スイッチング素子Q1およびQ2のオン期間比（デューティ比）に応じて決まる。

【0058】

したがって、コンバータ／インバータ制御部140は、制御装置15からの電圧指令値Vm_rに基いてコンバータ110での昇圧比を決定し、この昇圧比が実現されるように、ゲート制御信号GS1, GS2を発生する。

【0059】

「電荷蓄積部」として設けられる充放電可能な平滑コンデンサ120は、電源配線103および102の間にコンバータ110から出力されたモータ動作電圧Vmを平滑する。

【0060】

インバータ131, 132は、電源配線103および102の間のモータ動作電圧Vm

を、ゲート制御信号GS3～GS8、GS3#～GS8#に応答して、モータジェネレータMG1、MG2を駆動する交流電圧へ変換する。

【0061】

コンバータ／インバータ制御部140は、モータジェネレータMG1、MG2に、トルク指令値Tr e fに従ったトルクおよび目標回転数に従った回転数を生じさせるモータ電流が各相に流れるように、各種センサからの出力値に応じてインバータ制御信号Spwm1、Spwm2を生成する。たとえば、インバータ制御信号Spwm1、Spwm2であるゲート制御信号GS3～GS8、GS3#～GS8#は、一般的な制御方式に従って生成されたPWM信号波である。

【0062】

各種センサからの出力値には、たとえば、モータジェネレータMG1、MG2の位置センサ・速度センサからの出力値、電流センサ161、162、161#、162#からの出力値およびモータ動作電圧Vmを検出する電圧センサ出力が含まれる。

【0063】

これに対して、モータジェネレータMG1、MG2の回生動作時には、電源装置の動作は以下のように制御される。なお、モータジェネレータMG1、MG2の回生動作時とは、ハイブリッド自動車100を運転するドライバによるフットブレーキ操作があった場合の回生発電に伴う制動や、フットブレーキを操作しないものの走行中にアクセルペダルをオフすることで回生発電をさせながら車両減速（または加速）させることを含む。

【0064】

コンバータ／インバータ制御部140は、ECU15からの識別信号SMTによって、ハイブリッド自動車100が回生動作に入ったことを検知する。これに応答して、コンバータ／インバータ制御部140は、モータジェネレータMG1、MG2で発電された交流電圧をインバータ131、132によって直流電圧に変換するように、インバータ制御信号Spwm1およびSpwm2を生成する。

【0065】

これにより、インバータ131、132は、モータジェネレータMG1、MG2でそれぞれ発電された交流電圧を電圧指令値Vm_rに従った直流電圧（すなわち、モータ動作電圧Vm）に変換して、電源配線103および102の間に output する。

【0066】

コンバータ／インバータ制御部140は、回生動作時には、インバータ131、132から供給された直流電圧（モータ動作電圧Vm）を降圧するように、コンバータ制御信号Scnvを生成する。すなわち回生動作時には、コンバータ110は、スイッチング素子Q1、Q2がゲート制御信号GS1、GS2にそれぞれ応答してオン・オフすることにより、モータ動作電圧Vmを降圧して直流電圧Vbを電源配線101および102の間に output する。バッテリ10は、コンバータ110からの直流電圧Vbによって充電される。このように、コンバータ110は、モータ動作電圧Vmを直流電圧Vbへ降圧することもできるので、双方向コンバータの機能を有している。

【0067】

電源装置によるモータジェネレータの駆動制御に関する基本動作については上述したとおりであるが、この発明による電源装置においては、モータジェネレータの力行動作時および回生動作時のそれぞれにおいて電力バランス制御を行なって、コンバータ110での過電流発生を回避する。電力バランス制御は、以下に説明するように、制御装置（ECU）15に予めプログラムされた制御演算処理として実行可能である。

【0068】

図5は、力行動作時における制御装置による電力バランス制御を説明するフローチャートである。

【0069】

図5を参照して、力行動作時には、運転者によるアクセル操作等に応じて、モータジェネレータMG1、MG2の要求トルクTrqが算出される（ステップS100）。図3に

示したように、算出された要求トルク $T_{r q}$ およびモータ回転数 N に応じて、最適なモータ動作電圧 $V_m \#$ が決定される。

【0070】

モータ動作電圧 V_m の制御は、図5に示すフローチャートとは独立に行なわれ、図3での最適モータ動作電圧 $V_m \#$ に相当する電圧指令値 $V_m r$ に従ったコンバータ110のスイッチング制御によって実行される。すなわち、電圧指令値 $V_m r$ は、トルク指令値 $T_{r e f}$ とは独立にモータ動作状態に応じて決められる。

【0071】

このようなモータ動作電圧 V_m の制御に応答して、制御周期ごとの、平滑コンデンサ120での蓄積電力 ($P = C \cdot V^2 / 2$) の変化量であるコンデンサパワー変化量 P_c が算出される（ステップS110）。

【0072】

コンデンサパワー変化量 P_c は、平滑コンデンサ120に印加されるモータ動作電圧 V_m と平滑コンデンサ120の容量値 C を用いて、制御周期 T の間での $P = C \cdot V^2 / 2$ の変化量として、下記式（1）で示される。

【0073】

【数1】

$$\begin{aligned} P_c &= \left\{ \frac{1}{2}C \cdot (V_m + \Delta V_m)^2 - \frac{1}{2}C \cdot V_m^2 \right\} \cdot \frac{1}{T} \\ &= \frac{C}{2T} (2 \cdot V_m \cdot \Delta V_m + \Delta V_m^2) \end{aligned} \quad \cdots (1)$$

【0074】

式（1）において、 V_m は当該制御周期におけるモータ動作電圧を示し、 ΔV_m は、当該制御周期と1つ前の制御周期との間でのモータ動作電圧 V_m の差分を示す。たとえば、第 i 番目（ i ：自然数）の制御周期においては、 $\Delta V_m (i) = V_m (i) - V_m (i-1)$ で示される。このように、モータ動作電圧 V_m の上昇時においては、コンデンサパワー変化量 $P_c > 0$ となる。

【0075】

たとえば、モータ動作電圧を検知する電圧センサの出力値を、式（1）中の V_m として用いることにより、コンデンサパワー変化量 P_c を精度良く算出することができる。あるいは、制御演算負荷を軽減するために、電圧指令値 $V_m r$ を式（1）中の V_m として用いてコンデンサパワー変化量 P_c を算出してもよい。

【0076】

さらに、要求トルク $T_{r q}$ に相当するモータ消費パワー P_m が計算され、当該モータパワー P_m とステップS110で求めたコンデンサパワー変化量 P_c との和が、コンバータ出力電力制限値 $P_{c v l m}$ が超えるかどうかのバランス判定が行なわれる（ステップS120）。

【0077】

コンバータ出力電力制限値 $P_{c v l m}$ は、バッテリ10の電源容量や、コンバータ110を構成するスイッチング素子 Q_1, Q_2 の電力容量（電流容量）によって制限される。特に、コンバータ出力電力制限値 $P_{c v l m}$ が、バッテリ10の電源容量ではなく、スイッチング素子 Q_1, Q_2 の容量によって制限されている場合には、スイッチング素子 Q_1, Q_2 に過電流が通過する可能性があるので、素子保護上問題がある。

【0078】

このため、下式（2）を判定して、モータパワー P_m が、コンバータ出力電力制限値 $P_{c v l m}$ からコンデンサパワー変化量 $P_c (> 0)$ を差し引いた値を超えていないかどうかが判定される（ステップS130）。

【0079】

【数2】

$$P_m \leq P_{cvlm} - P_c \quad (\text{力行時: } P_m, P_{cvlm}, P_c > 0) \quad \cdots (2)$$

【0080】

$P_m \leq P_{cvlm} - P_c$ である場合には、要求トルク T_{rq} どおりにモータジェネレータ MG1, MG2 で電力を消費しても、コンバータ出力電力制限値 P_{cvlm} を超えることがないので、トルク指令値 T_{ref} を要求トルク T_{rq} と同等に設定する（ステップ S140）。

【0081】

これに対して、 $P_m > P_{cvlm} - P_c$ である場合には、要求トルク T_{rq} どおりにモータジェネレータ MG1, MG2 で電力を消費すると、モータパワー P_m およびコンデンサパワー変化量 P_c の和がコンバータ出力電力制限値 P_{cvlm} を超えてしまう。したがって、この場合には、コンバータ出力電力制限値 P_{cvlm} を超えないように、特にコンバータ 110 に過電流が生じないように、モータパワー P_m が制限される。

【0082】

具体的には、 $P_m \# = P_{cvlm} - P_c$ が成立する限界のモータパワー $P_m \#$ を算出し、当該モータパワー $P_m \#$ に対応させて、トルク指令値 T_{ref} が算出される。すなわち、トルク指令値 T_{ref} は、当初の要求トルク T_{rq} より小さくなるように制限される（ステップ S150）。

【0083】

このように、ステップ S140 あるいは S150 によって求められ算出されたトルク指令値 T_{ref} に従って、インバータ 131, 132 のスイッチング制御が行なわれ、モータジェネレータ MG1, MG2 のトルク（すなわちモータ電流）が制御される（ステップ S160）。

【0084】

このような制御をすることにより、モータ駆動制御部（インバータ）への入力電圧（モータ動作電圧 V_m ）をコンバータによって可変である構成において、モータ制御およびコンバータ制御を協調させることによって、コンバータの供給パワーが過大とならないよう制御することができる。すなわち、コンバータ 110 からの出力電力がその制限値 P_{cvlm} を超えることができないので、コンバータ 110 の過電流を防止して、素子保護を図ることができる。

【0085】

なお、この実施の形態のように、負荷となるモータ（モータジェネレータ）が複数個配置される場合には、ステップ S120 において、これらのモータでの消費パワーの和をモータパワー P_m として計算すればよい。

【0086】

次に、回生動作時における電力バランス制御を説明する。上述のように、コンバータ昇圧動作時には、モータ動作電圧 V_m をモータ動作条件に応じて上昇させるとともに、必要に応じてモータジェネレータの力行パワーを制限した。

【0087】

これに対して、モータジェネレータが回生動作を行なうときには、モータ動作条件に応じて最適なモータ動作電圧 V_m は、降圧側に変化していくことになる。したがって、回生動作時の電力バランス制御では、モータジェネレータでの回生パワーを制限すれば、ブレーキ力が減少することになるので、昇圧動作時と同様の制御を行なうこととは安全上および運転者の体感上問題が生じる可能性がある。このため、回生動作時における電力バランス制御は、以下に説明するように行なわれる。

【0088】

図6は、回生動作時における電力バランス制御を説明するフローチャートである。

【0089】

図6を参照して、回生動作時の電力バランス制御が開始されると、制御装置15は、まずモータ回生パワーPm(<0)を算出する(ステップS200)。なお、ステップS120と同様に、発電するモータ(モータジェネレータ)が複数個存在する場合には、これらのモータでの回生パワーの和がモータパワーPmとして計算される。

【0090】

さらに、図5でのステップS110と同様に、式(1)に基づいて、コンデンサパワー変化量Pcが算出される(ステップS210)。

【0091】

次に、ステップS200およびS210でそれぞれ算出されたモータ回生パワーPm(<0)およびコンデンサパワー変化量Pc(<0)と、コンバータ入力電力制限値Pcv1m(<0)とのバランスが判定され、式(2)の極性を反転した式(3)を変形した式(4)が満たされるかどうかが判定される(ステップS220)。

【0092】

【数3】

$$Pm \geq Pcv1m - P_c \quad (\text{回生時: } Pm, Pcv1m, P_c < 0) \quad \dots (3)$$

$$P_c \geq Pcv1m - P_m \quad \dots (4)$$

【0093】

式(4)が満たされる場合には、モータ動作条件に合わせて、図3に示したようにモータ動作電圧Vmを変化させても、コンバータ110への入力電力が過大となることはない。したがって、モータ動作電圧Vmの電圧指令値Vm_rは、図3に基づいて算出された最適なモータ動作電圧Vm#に設定される(ステップS230)。

【0094】

一方、式(4)が満足されない場合には、さらにモータ回生パワーPmがコンバータ入力電力制限値Pcv1mを超えているかどうかの判定がなされる(ステップS240)。

【0095】

まず、Pm < Pcv1mの場合、すなわちモータ回生パワーPmの絶対値がコンバータ入力電力制限値Pcv1mの絶対値よりも大きい場合には、モータ動作条件に合わせたモータ動作電圧Vmの降圧を禁止するために、電圧指令値Vm_rが前の制御周期と同一の値に固定される(ステップS250)。

【0096】

なお、この場合には、モータ動作電圧Vmが動作条件に合った最適値から外れるため、インバータ131, 132における消費電力が増大するが、モータジェネレータでの回生パワーは制限されないので、ブレーキ力が減少することはない。

【0097】

一方、Pm ≥ Pcv1mのとき、すなわちモータ回生パワーPmの絶対値がコンバータ入力電力制限値Pcv1m以下である場合には、モータ動作条件に完全に合致させてモータ動作電圧Vmを最適なVm#まで降下させることはできないものの、Pcv1m - Pmがコンデンサパワー変化量Pcと同等となる範囲内に制限して、モータ動作電圧Vmの降圧を許可する。すなわち、下式(5)を満たす範囲内で、モータ動作電圧の変化量(降圧量ΔVm)が決定される。

【0098】

【数4】

$$\frac{1}{T} \left\{ \frac{C}{2} (V_m + \Delta V_m)^2 - \frac{C}{2} \cdot V_m^2 \right\} = P_{cvlm} - P_m \quad \cdots (5)$$

【0099】

なお式(5)における左辺は、制御周期:T間でモータ動作電圧をV_mからV_m+ΔV_mへ変化させることに伴うコンデンサパワー変化量P_cに相当する。すなわち、V_mは、1つ前の制御周期におけるモータ動作電圧V_mを示している。

【0100】

式(5)をΔV_mについて解くと、下式(6)が得られる。

【0101】

【数5】

$$\Delta V_m = -V_m + \sqrt{-V_m^2 + \frac{2 \cdot T \cdot (P_{cvlm} - P_m)}{C}} \quad \cdots (6)$$

【0102】

このように、モータ動作電圧の電圧指令値V_{mr}は、式(6)に基づいて変化量ΔV_mを制限しながら降圧を許可される(ステップS260)。このように、モータ回生パワーP_mとコンバータ入力電力制限値P_{cvlm}との差に基づいて電圧指令値の降下量を制限することにより、コンバータ入力電力制限値P_{cvlm}を超えない範囲でモータ動作電圧V_mを降下させて、モータジェネレータMG1, MG2の高効率化を図ることができる。

【0103】

このようにして、ステップS230, S250, S260のいずれかによって決定された電圧指令値V_{mr}に基づいてコンバータのスイッチング制御が実行され、モータ動作電圧V_mが制御される(ステップS270)。

【0104】

したがって、モータジェネレータMG1, MG2の回生動作時には、モータジェネレータMG1, MG2での回生パワーを制限することなく、コンデンサパワー変化量を考慮に入れた上で、コンバータ110への入力電力がその制限値P_{cvlm}を超えることがないように制御できる。この結果、コンバータ110の過電流を防止して、素子保護を図ることができる。

【0105】

なお、この実施の形態では、電源装置によって2個の交流電動機が駆動制御される構成を例示したが、モータ駆動制御部(実施の形態におけるインバータに相当)によって、モータのトルク(電力)を制御可能な構成であれば、交流電動機のみならず直流電動機を駆動制御する電源装置にも本発明を適用できる。

【0106】

また、電源装置によって駆動制御されるモータの個数は特に限定されず、任意の個数のモータを駆動制御する電源装置に本発明を提供できる。この場合に、複数個のモータ制御を駆動する電源装置においては、図5および図6に示したモータでの消費パワーおよび回生パワーは、当該複数個のモータにおける消費パワーおよび回生パワーの総和として計算すればよい。

【0107】

さらに、この発明による電源装置は、ハイブリッド自動車のみならず電気自動車等の車両にも適用可能であり、さらには、駆動制御されるモータを搭載するあらゆる機器・システムにも適用することが可能である。

【0108】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えら

れるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0109】

【図1】この発明に従う電源装置を備えた自動車の構成を説明するブロック図である。

【図2】この発明による電源装置の構成を説明するブロック図である。

【図3】最適モータ電圧の算出を説明する概念図である。

【図4】図2に示したPCU20の具体的構成例を示す回路図である。

【図5】力行動作時における電力バランス制御を説明するフローチャートである。

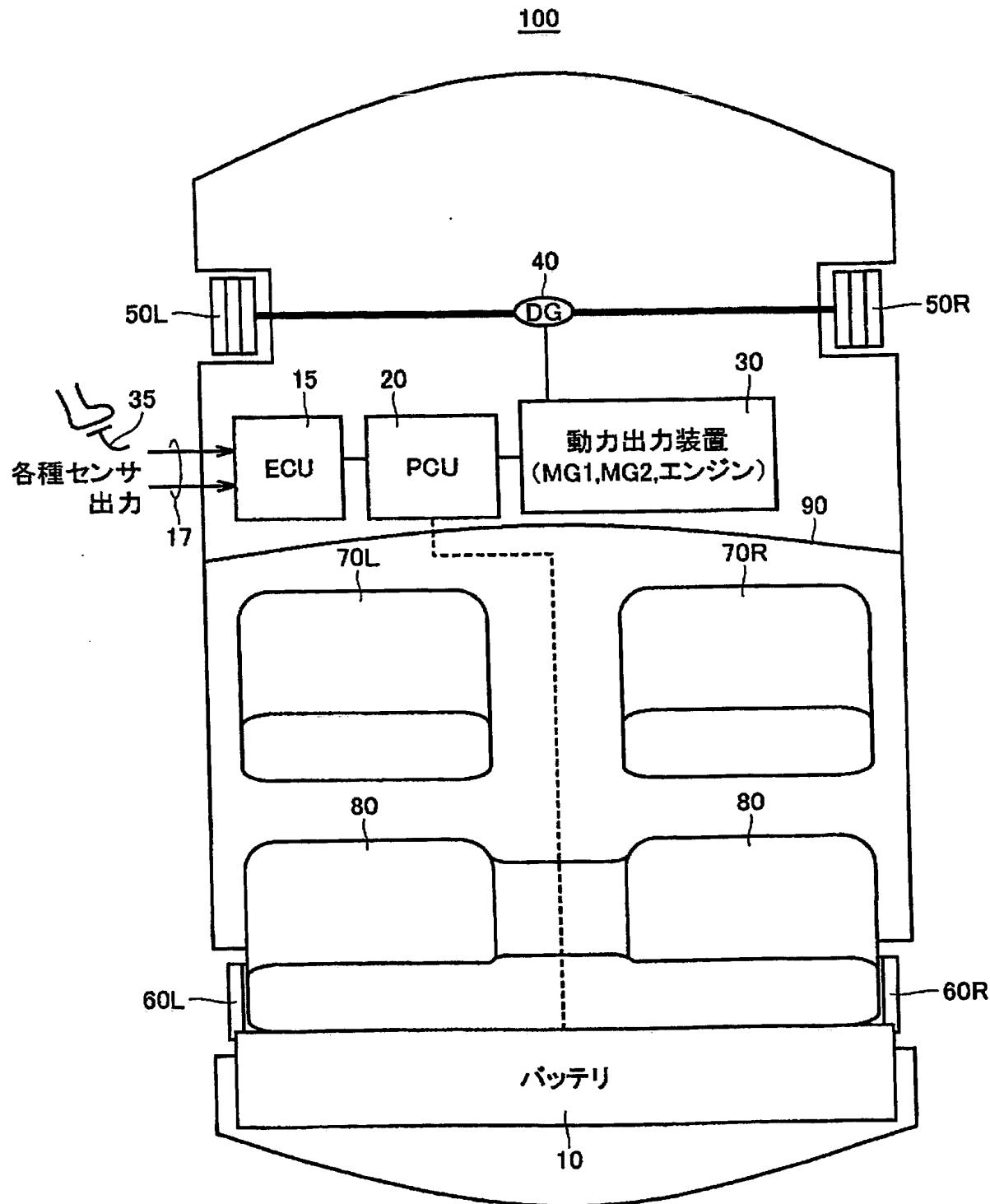
【図6】回生動作時における電力バランス制御を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

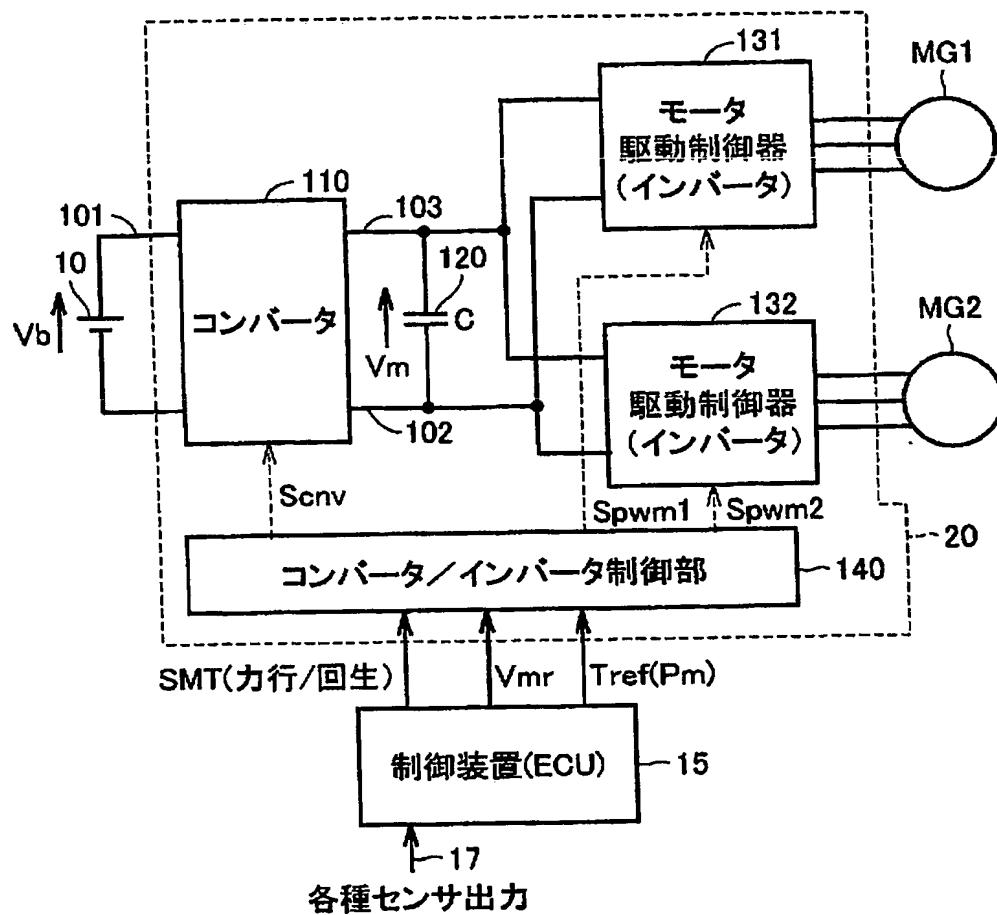
【0110】

10 バッテリ、15 制御装置（ECU）、17 各種センサ出力、20 PCU、
30 動力出力装置、35 アクセルペダル、50L, 50R 前輪、60L, 60R
後輪、100 ハイブリッド自動車、101～103 電源配線、110 コンバータ、
120 平滑コンデンサ、131, 132 インバータ（モータ駆動制御器）、140
コンバータ／インバータ制御部、161, 161#, 162, 162# 電流センサ、G
S1～GS8 ゲート制御信号、MG1, MG2 モータジェネレータ、Pc コンデン
サパワー変化量、Pcv1m コンバータ電力制限値（入力／出力）、Pm モータパワ
ー（消費／回生）、Q1～Q8, Q3#～Q8# スイッチング素子、Scnv コンバ
ータ制御信号、Spwm1, Spwm2 インバータ制御信号、T 制御周期、Trf
トルク指令値、Trq 要求トルク、Vb 入力電圧、Vm モータ動作電圧、Vm#
最適モータ動作電圧、Vm r 電圧指令値、ΔVm モータ動作電圧変化量（制御周期
間）。

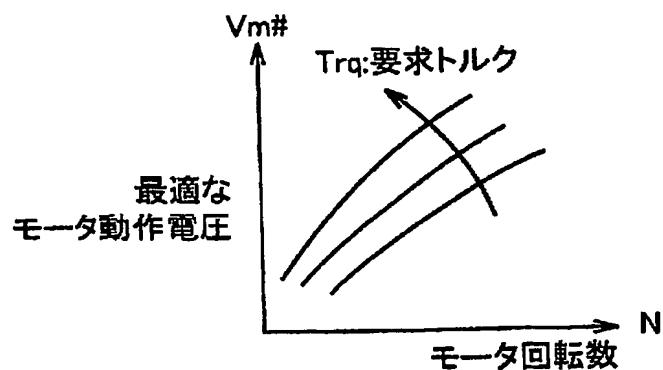
【書類名】図面
【図1】



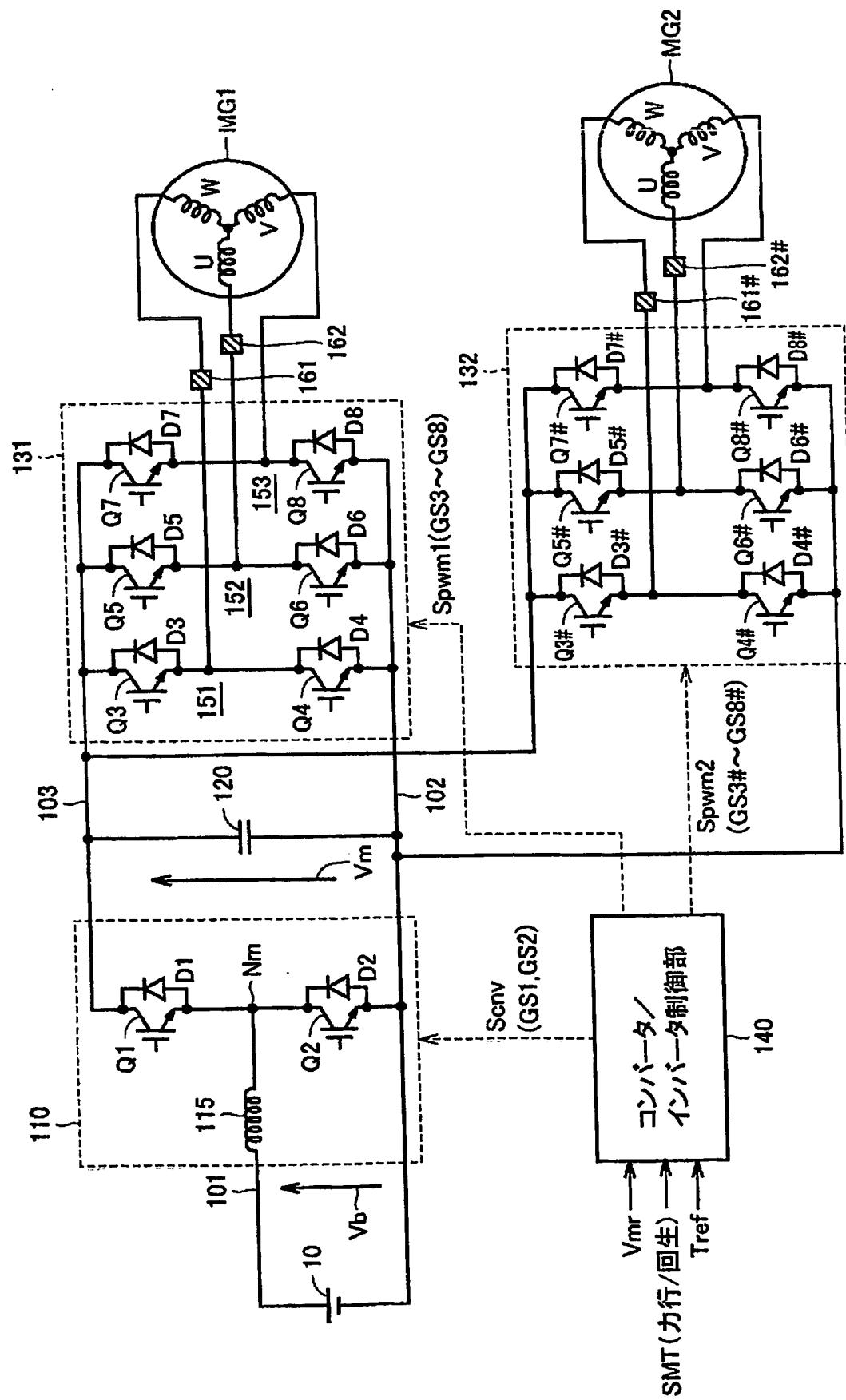
【図2】



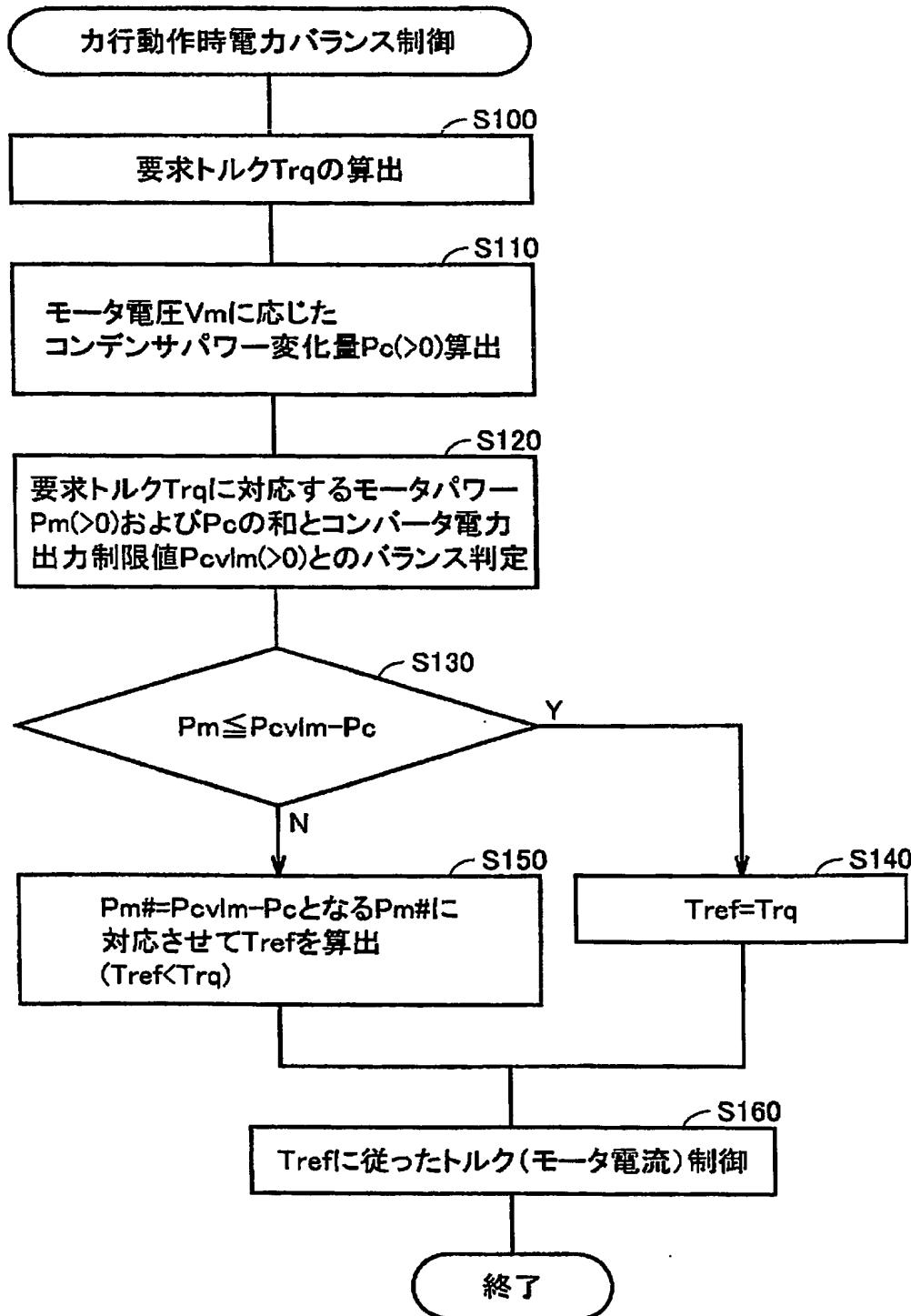
【図3】



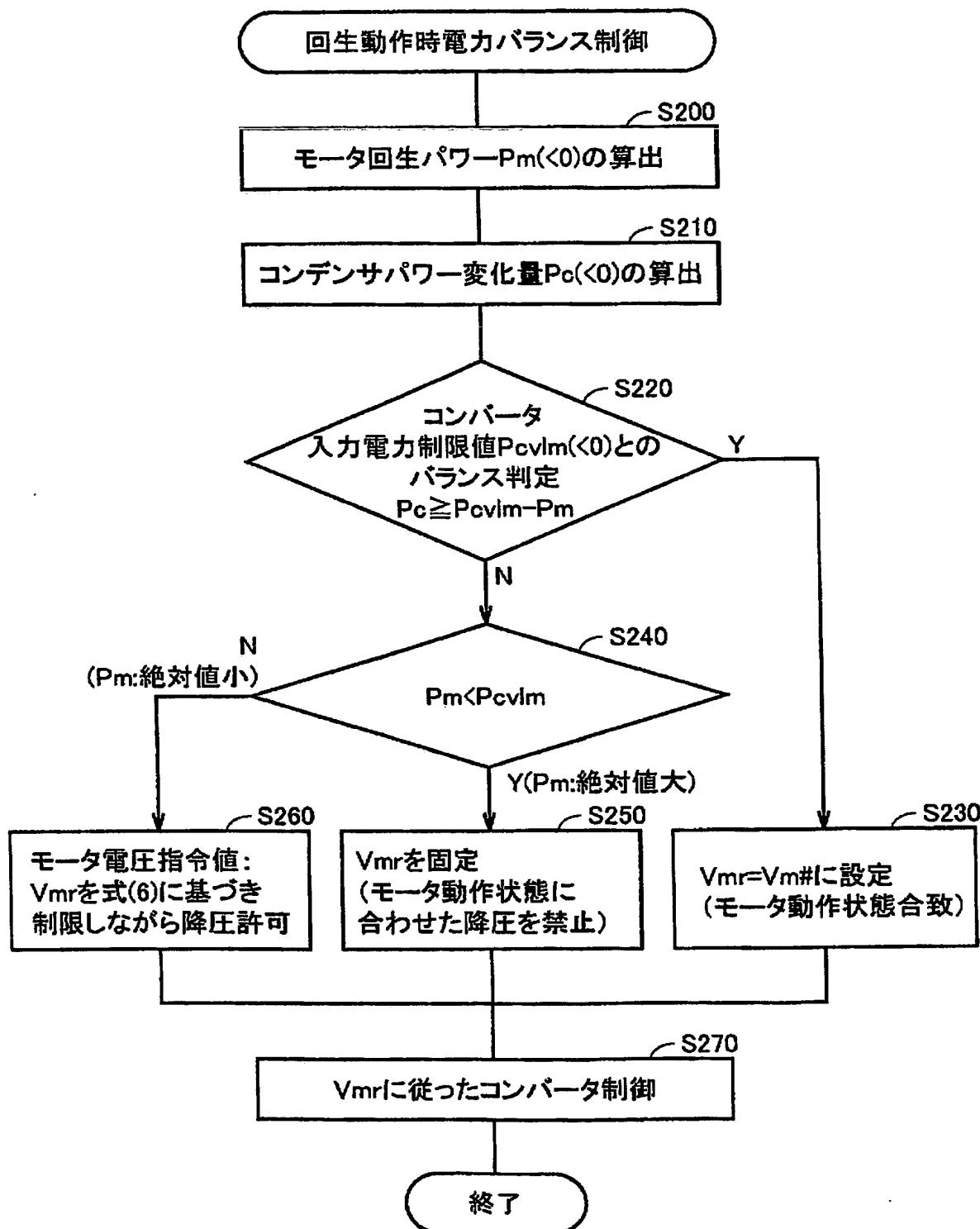
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 入力直流電圧をレベル変換してモータを駆動制御する電源装置において、レベル変換のためのコンバータに過大電流が流れないように制御可能な構成を提供する。

【解決手段】 モータジュネレータ MG 1, MG 2 を駆動制御する電源装置は、入力電圧 V_b を発生するバッテリ 10 と、入力電圧 V_b を電圧指令値 V_{mr} に従ってモータ動作電圧 V_m へ変換するコンバータ 110 と、モータ動作電圧 V_m を保持する平滑コンデンサ 120 と、モータ動作電圧 V_m を受けてモータジュネレータ MG 1, MG 2 をトルク指令値 T_{ref} に従って駆動制御するインバータ 131, 132 と、電圧指令値 V_{mr} およびトルク指令値 T_{ref} を生成する制御装置 15 とを備える。制御装置 15 は、モータジュネレータの力行動作時に、モータ消費電力とモータ動作電圧 V_m の上昇に応じた平滑コンデンサ 120 での蓄積電力変化量との和が、コンバータ 110 の出力制限電力を超えないように、必要に応じて、トルク指令値 T_{ref} を本来の要求トルクよりも小さくする。

【選択図】 図 2

特願 2004-012099

出願人履歴情報

識別番号

[000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県豊田市トヨタ町1番地
氏 名 トヨタ自動車株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018969

International filing date: 13 December 2004 (13.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-012099
Filing date: 20 January 2004 (20.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse